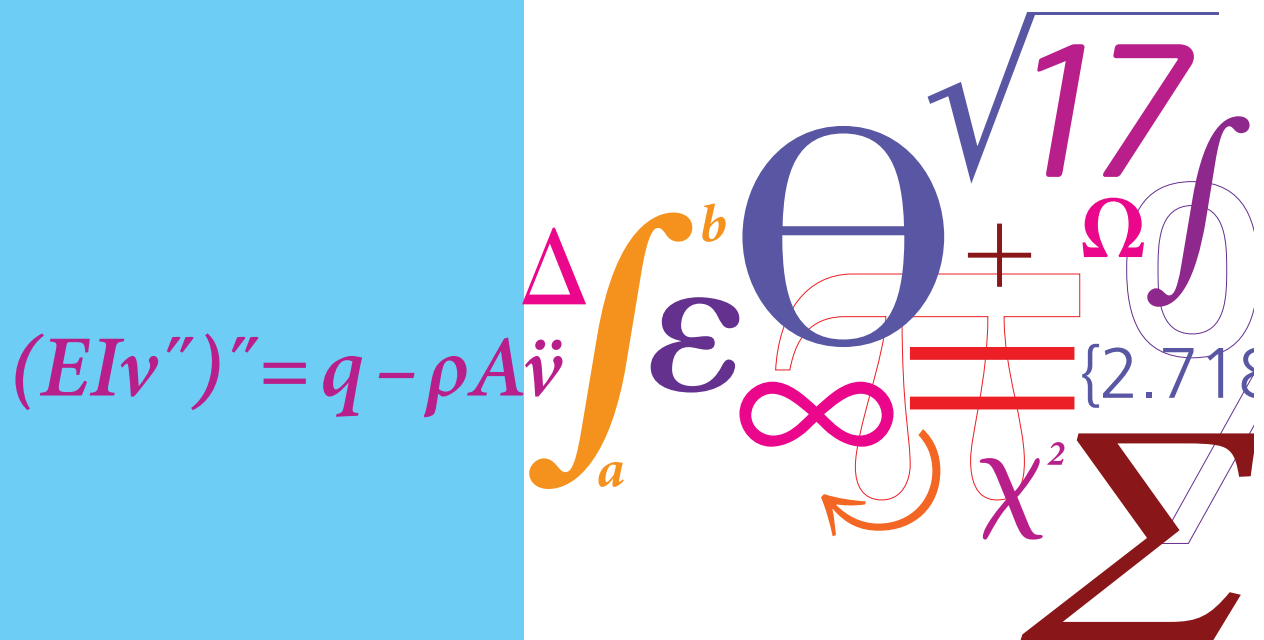


Havvands-varmepumpe til arktiske forhold

Diplom Afgangsprojekt



Thomas Hans Ravnshøj Johansen
Januar 2015

Dansk titel	Havvands-varmepumpe til arktiske forhold
Engelst titel	Ocean-source heat pump for arctic conditions
Forfatter	Thomas Hans Ravnshøj Johansen - s113685
Vejledere	Brian Elmegaard, Sektionsleder, Lektor Institut for Mekanisk Teknologi - Termisk Energi Danmarks Tekniske Universitet Carl Egede Bøggild, Professor, MSO Institut for Byggeri og Anlæg - ARTEK Danmarks Tekniske Universitet
Eksterne vejledere	Arne Villumsen, Leder Nutaaliorfik, Grønlands Innovationscenter Sisimiut, Qeqqata Kommunua
Udgivelsesdato	31. januar 2015
Udgave	1 st
Bemærkninger	Denne rapport er udarbejdet som led i uddannelsen Diplomingeniør - Maskinteknik ved Danmarks Tekniske Universitet - DTU. Rapporten udgør 20 ECTS point
Ophavsret	© Thomas Hans Ravnshøj Johansen, 2015

Resumé

Denne rapport omhandler undersøgelsen af varmepumper til arktiske forhold. Til at starte med, handlede projektet primært om undersøgelsen af en varmepumpe, som benytter havvand som varmekilde, men udvidede sig senere, til også at inkludere undersøgelse af en varmepumpe, som anvender luft som varmekilde.

Nærheden af de største grønlandske byer er der etableret vandkraftværker, som udnytter indlandssøer og smeltevand fra fjeldet. Elforsyningen for Grønland er dermed gået fra at være baseret på import af fossile brændsler, til at være 70% bæredygtig.

Ved hjælp af metoder inden for opbygning af en numerisk model, er der blevet programmeret to EES modeller, som kan simulere de grønlandske forhold. Modellerne kan benyttes til at dimensionere varmepumperne efter et specifikt varmebehov og temperatursæt, for derefter at fastsætte denne dimensionering til drift og simulering. Modellerne er blevet verificeret ved hjælp af teori og viden, for derefter at køre simuleringer med klimadata for året 2013 fra byen Sisimiut.

Der er fundet frem til at luftvarmepumpen, som arbejder ved højere temperaturforskelle er den mindste effektive, hvilket også var forventet, grundet de større udsving i temperaturer. Der er undersøgt forskellige kølemidler, hvor det blev konstateret at ammoniak, propan og R410A var interessante med hensyn til dimensionering og driftspriser. Der bør dog tages hensyn til de specielle sikkerhedsmæssige krav, med hensyn til ammoniak og propan. CO₂ er også interessant med hensyn til dimensionering og bør undersøges nærmere i en anden type anlæg, som tager hensyn til kølemidlets specielle egenskaber. I et-trins anlæg er CO₂ det dårligste alternativ med hensyn til effektivitet og driftspris.

Ved benyttelse af varmepumper, bør der nøjes overvejes, hvordan varmepumpen styres, for at få det optimale ud af dem. Der kan benyttes varmeakkumulering i hus og vandbuffer med fordel, i sammenhæng med færre start og stop ved styringen, for at få det optimale ud af varmepumpen.

Overdimensionering af varmepumpen kan betale sig, til et vist punkt, for at få højere effektivitet ud af varmepumpen. Dimensionering ved 60%, 70% og 80% af maksimalt varmebehov blev undersøgt. 70% dimensionering af varmepumpen ramte en meget fin balance, med hensyn til at få det meste ud af varmepumpen hen over året, da dimensionering ved 80% gav varmepumpen flere timer, hvor den skulle være slukket hen over året, samt en ringe forøgelse af SCOP. Dimensioneringen bør nøje koordineres med, hvordan varmepumpen styres.

I sammenligning med de eksisterende priser, blev det konstateret at supplering med varmepumper prismæssigt klart kan betale sig, sammenlignet med el-varme og fjernvarme. Opvarmning med olie er i de fleste tilfælde billigere, men her skal miljøpåvirkningen også tages med. Priserne der blev sammenlignet, var de almindelige elpriser for drift af varmepumpen. Med en speciel nedsat elpris for varmepumper, kan driftsprisen falde mere fordelagtigt ud.

Abstract

This report concerns the investigation of heat pumps for arctic conditions. To begin with, the project only concerned the investigation of a heat pump, that uses ocean water as a heat source. Later on it was also decided to include a heat pump that use air as a heat source.

In the vicinity of the larger greenlandic cities, hydro power plants have been established, which utilize inland lakes and melted water from the mountains. The electric power distribution in Greenland has changed from being depending on import of fossil fuels, to being 70% sustainable.

By using methods in developing a numerical model, two EES models have been programmed, that can simulate the greenlandic conditions. The models can be used for dimensioning the heat pumps for a specific heating demand and temperature set, and afterwards locking these dimensions for operation and simulation. The models have been verified in accordance with theory and knowledge, and then used for running simulations with available data about the climate for the year 2013 in Sisimiut.

It has been found, that the air heat pump, which is working at higher temperature differences is the least effective, which was expected, due to higher variations in temperature. Different refrigerants have been examined, where it was determined that ammonia, propane and R410A were interesting in regards to dimensioning and operation costs. Safety precautions should be considered however, for ammonia and propane. CO₂ is also interesting in regards to dimensioning, and should be investigated further in another configuration, that takes into consideration the special attributes of CO₂. In a one-stage cycle, CO₂ is a worse alternative in regards to efficiency and operation cost.

In utilizing heat pumps, it should be carefully considered, how the heat pump is controlled, to get the highest efficiency. Accumulating heat in the house and a water buffer can be done with good results, in combination with fewer start and stops in the controller, to get the most out of the heat pumps.

Over dimensioning is profitable, until a certain point, to get higher efficiency out of the heat pump. Dimensioning at 60%, 70% and 80% of maximum heating demand was investigated. 70% dimensioning of the heat pump struck a very fine balance, in regards to getting the most out of the heat pump over the year, as dimensioning at 80% gave the heat pump more hours, where it had to be turned off over the year, and only a small increase in SCOP. Dimensioning should be carefully considered in accordance with controlling the heat pump.

In comparing with existing prices, it was concluded that supplying heat with heat pumps is clearly profitable, comparing cost for heating with electric heaters and district heating. Heating with oil in most cases is cheaper, but the effect on the environment should also be considered. The cost for running the heat pump was the ordinary cost for electricity. With a special reduced price for heating with heat pumps, the comparison should be more favourable.